

AUFGABEN

- Bestimmung von Amplitude und Phase des induktiven Widerstandes in Abhängigkeit von der Induktivität.
- Bestimmung von Amplitude und Phase des induktiven Widerstandes in Abhängigkeit von der Frequenz.

ZIEL

Bestimmung des induktiven Widerstandes in Abhängigkeit von Induktivität und Frequenz

ZUSAMMENFASSUNG

Jede Änderung des Stromes durch eine Spule induziert eine Spannung. Fließt Wechselstrom, so wird Wechselspannung induziert mit einer Phasenverschiebung zum Strom. Mathematisch lässt sich dieser Zusammenhang am einfachsten beschreiben, wenn man Strom, Spannung und Widerstand als komplexe Größen verwendet und deren Realteile betrachtet. Im Experiment liefert ein Funktionsgenerator Wechselspannung mit Frequenzen bis hinauf zu 2 kHz. Ein Zweikanal-Oszilloskop zeichnet Strom und Spannung auf, so dass Amplitude und Phase beider Größen erfasst werden. Der Strom durch die Spule entspricht dem Spannungsabfall an einem Messwiderstand, dessen Wert gegenüber dem induktiven Widerstand vernachlässigbar ist.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Steckplatte für Bauelemente	1012902
2	Spule mit 1200 Windungen S	1001002
1	Widerstand 10 Ω, 2 W, P2W19	1012904
1	Funktionsgenerator FG 100 (230 V, 50/60 Hz)	1009957 oder
	Funktionsgenerator FG 100 (115 V, 50/60 Hz)	1009956
1	USB-Oszilloskop 2x50 MHz	1017264
2	HF-Kabel, BNC/4-mm-Stecker	1002748
1	Satz 15 Experimentierkabel 1 mm ²	1002840



ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Jede Änderung des Stromes durch eine Spule induziert eine Gegenspannung, die der Stromänderung entgegen wirkt. In Wechselstromkreisen eilt daher die Spannung an der Spule dem Strom durch die Spule voraus. Mathematisch lässt sich dieser Zusammenhang am einfachsten beschreiben, wenn man Strom, Spannung und Widerstand als komplexe Größen verwendet und deren Realteile betrachtet.

Die Strom-Spannungs-Beziehung für eine Spule lautet

$$(1) \quad U = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

I: Strom, U: Spannung, L: Induktivität

Bei einer Spannung

$$(2) \quad U = U_0 \cdot \exp(i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

ist der Strom also gegeben durch

$$(3) \quad I = \frac{U_0}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L} \cdot \exp(i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

Man kann daher der Induktivität L den komplexen Widerstand

$$(4) \quad X_L = \frac{U}{I} = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

zuweisen. Messbar ist jeweils der Realteil dieser Größen, also

$$(5a) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6a) \quad I = \frac{U_0}{2\pi \cdot f \cdot L} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$(7a) \quad X_L = \frac{U_0}{I_0} = 2\pi \cdot f \cdot L$$

Im Experiment liefert ein Funktionsgenerator Wechselspannung mit Frequenzen bis hinauf zu 2 kHz. Ein Zweikanal-Oszilloskop zeichnet Strom und Spannung auf, so dass Amplitude und Phase beider Größen erfasst werden. Der Strom durch die Spule entspricht dem Spannungsabfall an einem Messwiderstand, dessen Wert gegenüber dem induktiven Widerstand vernachlässigbar ist.

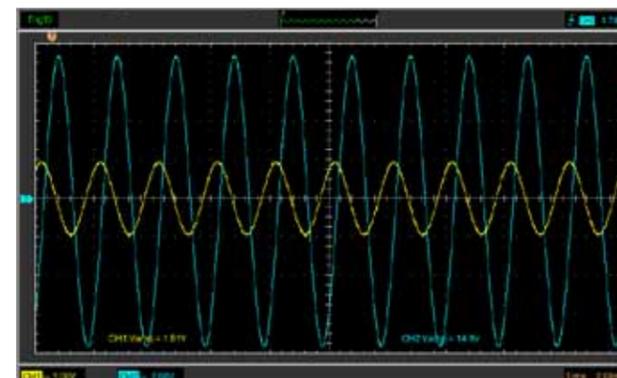


Abb. 1 Spule im Wechselstromkreis: Verlauf von Strom und Spannung

AUSWERTUNG

Gemäß Gleichung (4) ist der Induktive Widerstand X_L proportional zur Frequenz f und zur Induktivität L . In den entsprechenden Diagrammen liegen die Messwerte daher im Rahmen der Messgenauigkeit auf einer Ursprungsgeraden.

Der Strom durch die Spule eilt der Spannung an der Spule in der Phase um 90° nach, da jede Stromänderung eine Gegenspannung induziert.

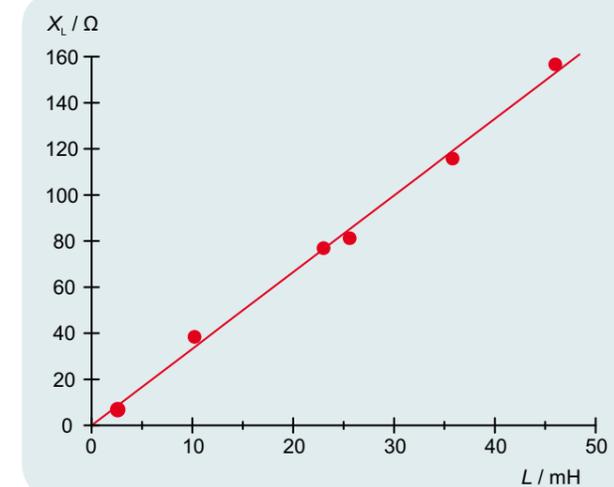


Abb. 2 Induktiver Widerstand X_L als Funktion der Induktivität L

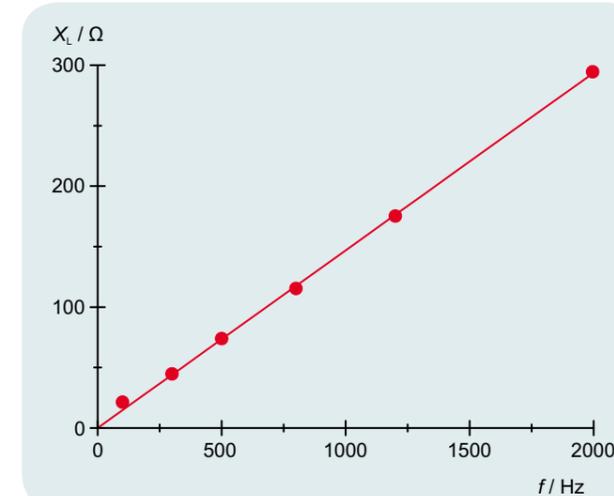


Abb. 3 Induktiver Widerstand X_L als Funktion der Frequenz f